



ANÁLISE DOS IMPACTOS DA ENERGIA EÓLICA

CARVALHO, Iasmim Mayara Libório¹, RUZENE, Denise S.²; SILVA, Daniel Pereira³

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, iasmimayara@hotmail.com

² Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe; ruzeneds@hotmail.com

³ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, silvadp@hotmail.com

Resumo: *O uso das energias renováveis para substituir outras fontes que causam grandes impactos para o meio ambiente vem crescendo no decorrer dos anos, e a energia eólica mostra-se como uma grande aliada para a substituição destas fontes, tornando-se atualmente uma realidade em muitos países. Entretanto, há impactos causados por ela que necessitam de atenção. O projeto aqui apresentado tem por objetivo fazer um estudo sobre os principais impactos causados pela energia eólica, mas também mostrar seus benefícios. Para essa finalidade foram realizadas pesquisas bibliográficas que mostraram que apesar de todos os impactos negativos, que precisam ser estudados mais profundamente, o retorno positivo faz da energia eólica uma fonte altamente utilizável.*

Palavras-chave: Energia, Impactos, Sustentabilidade, Vento.

ANALYSIS OF IMPACTS OF WIND ENERGY

Abstract: *The use of renewable energy to replace other sources that cause major impacts to the environment has grown a lot over the years, and the wind energy shows up as a great ally in the replacement of these sources, becoming a reality in many countries. However, there are impacts caused by her that need attention. The project presented here aims to do a study on the main impacts caused by wind, but also to show its benefits. To this purpose, bibliographic researches were made, and they showed that despite all the negative impacts that need to be studied more deeply, your positive feedback makes the wind energy a highly usable source.*

Keywords: Energy, Impacts, Sustainability, Wind.

1. Introdução

Nas últimas décadas os países desenvolvidos e as nações emergentes tiveram um crescimento acelerado da tecnologia e do número de habitantes, ocasionando um aumento no consumo de energia em todo o mundo. Para quitar estes problemas e por ser, atualmente, a mais barata e aparentemente mais limpa, a energia eólica é esperada para liderar a futura troca dos combustíveis fósseis pelas fontes renováveis (ABBASI *et al.*, 2013; DALMAS *et al.*, 2008; JOSELIN *et al.*, 2007).

Com a espera de uma ampliação tão grande no seu uso, faz-se necessário um estudo dos impactos que a sua instalação acarretará, comparando ao mesmo tempo com os benefícios que essa expansão irá gerar, buscando desta forma prever a viabilidade de sua utilização.

2. Breve história

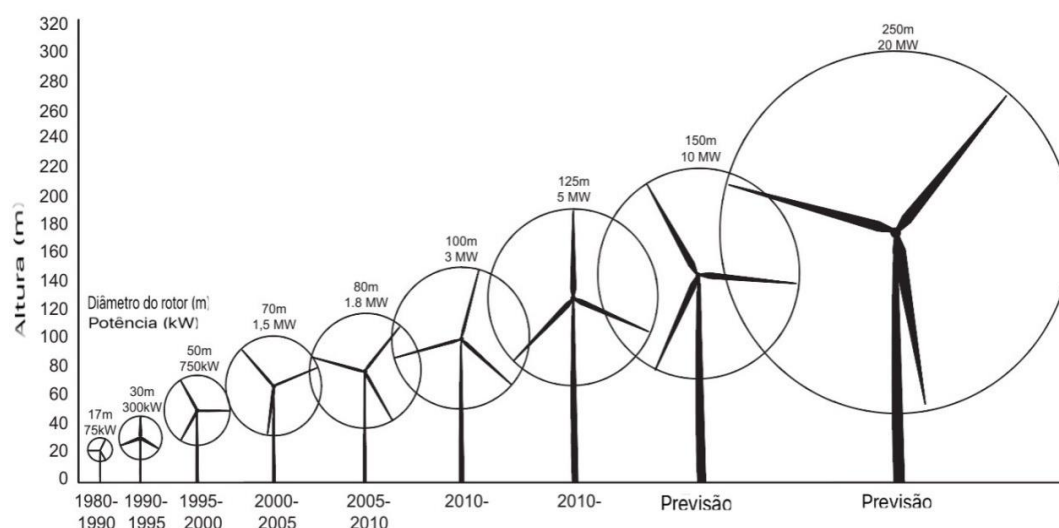
A ideia de usar o vento para a geração de energia é algo muito antigo. O vento foi uma das primeiras fontes de energias aproveitáveis, sendo utilizada no início para tarefas simples e úteis, como a secagem de roupas e o bombeamento de água (BELLARMINE e URQUHART, 1996).

Muito tempo depois, quando o homem começou a construir barcos, a energia cinética dos ventos foi utilizada com a ajuda de velas. Possibilitou-se desta forma, através do comércio e da troca de conhecimento, a primeira geração da globalização, mas também invasões, guerras, colonização e escravidão (ABBASI *et al.*, 2010).

Outra forma amplamente utilizada da energia eólica deu-se através da criação do moinho de vento. Os moinhos de vento mais antigos que se tem registro foram descobertos nas terras altas afegãs, e eram usados para moer grãos no século VII A.C (ABBASI *et al.*, 2013). Os moinhos de vento utilizados naquele tempo provavelmente possuíam eixos verticais, similares àqueles cujas ruínas permanecem nos planaltos iranianos (GOURIÉRÈS, 1982). Os moinhos de vento de eixo horizontal, como são conhecidos hoje, vieram muito depois; seus primeiros detalhes foram descobertos por volta do ano 1000 D.C em documentos históricos na China, Pérsia e Tibete (KOEPL, 1982). Esse tipo de moinho de vento com lâminas e velas em um eixo horizontal é o predecessor das atuais turbinas eólicas utilizadas na geração de energia. A Figura 1 (adaptação de ABBASI *et al.*, 2013), mostra uma evolução das turbinas eólicas comerciais relacionando sua altura, potência e diâmetro do rotor ao decorrer dos anos e futuras previsões.

No Brasil os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE) no início dos anos 1990, possibilitando através destas medições a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil (ANEEL, 2005).

Figura 1 – Evolução do tamanho das turbinas eólicas comerciais



Fonte: Adaptação de ABBASI *et al.*, 2013)

3. Impactos negativos

Apesar de a energia eólica ser uma fonte limpa, renovável e uma grande aliada na redução dos gases de efeito estufa, ela pode provocar vários problemas que precisam ser analisados. Além disso, a energia eólica possui uma limitação, pois para que seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB e MEYER, 1993).

3.1. Impactos sonoros

O zumbido de uma turbina eólica em movimento, especialmente quando ele parece penetrar o silêncio de uma noite, foi o primeiro impacto ambiental adverso da energia eólica que emergiu (BARRIOS e RODRÍGUEZ, 2007). De acordo com os estudos de Bakker *et al* (2012), pessoas que moram próximo das facilidades eólicas apresentam o risco de serem perturbadas pelo som, podendo esta perturbação levar a distúrbios de sono e aflição psicológica. Nenhum efeito direto foi demonstrado, o que significa que pessoas que não escutam ou que não se importam não são adversamente afetadas.

3.2. Impacto visual

As fazendas eólicas geralmente se localizam em paisagens abertas devido às condições de vento, e há um grande potencial para a perturbação visual na paisagem, e isso ocorre, na maior parte das vezes, devido à altura dos moinhos de ventos. Este impacto é algo muito subjetivo, pois a opinião varia de pessoa para pessoa. Repetidas pesquisas de opinião no Reino Unido mostraram que 70% da população não se perturbam com o impacto visual desta tecnologia, mas que nessa minoria há aqueles que desgostam das turbinas intensamente (THE GUARDIAN, 2015).

3.3. Impacto sobre as aves

Apesar das mortes de pássaros pelas turbinas eólicas serem menores do que por muitas outras formas de infraestrutura de energia e outras estruturas humanas (WANG *et al.*, 2015) mesmo que a energia eólica seja extensivamente utilizada no futuro, esse ainda é um fator que necessita ser estudado devido à preocupação de que a mortalidade aviária possa se tornar um sério problema na redução da biodiversidade se a energia eólica for implementada em grandes áreas.

Estudos mostram que a morte dos pássaros depende de vários fatores, entre eles o clima, estação, local específico (por exemplo, cume de montanhas ou rotas de migração), espécie (grandes e médias versus pequenas, e migratórias versus residentes), tipo de atividade do pássaro (por exemplo, migrações noturnas e movimentos de e para áreas de alimentação), topografia, etc (BENJAMIN, 2013; EWEA, 2015).

A Associação Europeia de Energia Eólica (EWEA) relatou que as aves de rapina mostraram um dos maiores níveis de mortalidade em Altamont Pass, Estados Unidos, e em Tarifa, Espanha; isto ocorre devido à dependência de temperatura das aves de rapina para ganhar altitude, mover-se entre localizações e procurar por alimentos (WANG *et al.*, 2015). Algumas delas são espécies de vida longa e com baixas taxas de reprodução, sendo assim mais vulneráveis à perda de indivíduos em colisões. Segundo a EWEA (2015), as aves de rapina são mais afetadas na primavera (78,2%), seguidas por passarinhos migrantes durante a migração pós-reprodução (setembro/outubro). Além disso, ventos contrários também afetam as taxas de colisão porque pássaros em migração tendem a voar mais baixo quando voando dentro do vento.

A baixa visibilidade devido à neblina ou à chuva também contribui com as colisões em estruturas, visto que a altura de vôo dos pássaros migrantes tende a ser grandemente reduzida (ERICKSON *et al.*; 2001). Barrios e Rodriguez (2004) afirmam que a vulnerabilidade e

mortalidade nas fazendas eólicas refletem uma combinação de local-específico, espécie-específica e fatores sazonais.

Outro fator que foi observado pela EWEA (2015) em Altamont Pass foi a grande taxa de colisão ocasionada pelo grande número de turbinas pequenas, rápidas e rotativas instaladas naquela área. O tamanho, o alinhamento das turbinas e a velocidade do rotor são também possíveis influências no risco de colisão. As luzes das turbinas também influenciam nas colisões, pois distraem os pássaros (THELANDER *et al.*, 2003).

O método utilizado para estimar a mortalidade dos pássaros é baseado na procura de carcassas ao redor das turbinas, onde uma área normalmente alcançando entre 40m a 120m ao redor da turbina, é primeiramente definida. Então os pesquisadores treinados andam em trechos paralelos da área para procurar por carcassas e registram o número encontrado. Dependendo do propósito do estudo, por exemplo, investigação do padrão temporal das carcassas, essa inspeção é repetida ao longo do tempo em intervalos regulares e irregulares. (WANG *et al.*, 2015). Apesar de ser um método simples e que não se faz necessário o uso instrumentos, este método possui falhas, pois o número de carcassas encontradas durante as pesquisas não corresponde ao real número de pássaros mortos pelas turbinas eólicas, devido à possibilidade de remoção das carcassas, sendo assim necessário uma elevação dos números encontrados, principalmente em paisagens agrícolas e topos de florestas densas (KUNZ *et al.*, 2007; CRAIG *et al.*, 2010; e BENJAMIN, 2010).

Estes fatores mostram que mesmo crescimentos relativamente pequenos nas taxas de mortalidade podem ser significantes para alguns pássaros, especialmente espécies grandes e longevas, com geralmente uma baixa produtividade anual e uma maturidade lenta.

3.4. No Brasil

A falta de informações consistentes e confiáveis é um dos maiores fatores limitantes nos projetos de energia eólica no Brasil. Uma parte significativa dos registros anemômetros disponíveis podem ser distorcidos ou mascarados pela influência aerodinâmica de obstáculos, relevo e rugosidade do terreno (PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, o alto custo comparado na produção de eletricidade a partir dos ventos sempre foi um dos maiores problemas no desenvolvimento de energia eólica no Brasil, particularmente quando comparada à hidráulica, que tem maior potencial inexplorado e custos mais baixos.

4. Impactos positivos

As mudanças climáticas e a necessidade de redução no uso de combustíveis fósseis tornam ainda mais atraentes as energias renováveis, inclusive a energia eólica. Dentre um dos seus pontos positivos está a capacidade de produzir 12% da demanda energética mundial e evitar a emissão de 10 bilhões de toneladas de CO₂ em 12 anos (GWEO, 2015).

Sua capacidade de instalação em locais onde a chegada de cabos de energia elétrica é difícil também é um ponto positivo no seu uso. A utilização das turbinas eólicas nessas situações já vem ocorrendo desde 1941, quando um protótipo de uma turbina moderna de eixo horizontal foi construída nos Estados Unidos da América, onde as turbinas eólicas foram amplamente usadas pra fornecer energia para fazendas onde os cabos de energia elétrica não alcançavam (HEPBASLI e OZGENER, 2004).

Além disso, dos estudos comparando a performance ambiental entre a energia eólica e outras opções de fontes de energia, Evans *et al* (2009) perceberam que a energia eólica é a mais sustentável, seguida pela energia hidrelétrica, fotovoltaica e geotérmica. Os fatores analisados por eles foram os custos, a emissão de gases de efeito estufa, a eficiência na conversão de energia, a disponibilidade de fontes e o requerimento de terra.

Apesar de fazerem barulho e poder perturbar ouvidos mais sensíveis, as turbinas eólicas são frequentemente menos reportadas como uma fonte de som que perturba o sono do que outros sons do ambiente, independentemente da área (Bakker *et al.*; 2012).

Segundo Ricardo Baitelo (GREENPEACE, 2015), as termelétricas a carvão e a combustíveis fósseis em geral perdem para a energia eólica não apenas no aspecto ambiental, mas também em termos econômicos e sociais. São muito mais caras do que os parques eólicos por conta do preço do combustível utilizado e tem um potencial de geração de empregos muito menor. O setor eólico já emprega mais de 350 mil pessoas no mundo hoje e deve empregar 2 milhões de pessoas em 2020.

5. Energia eólica *offshore*

O custo de construção de uma fazenda eólica *offshore* é de 1,5-2 vezes maior que uma *onshore*, pois as torres, fundações, cabeamento embaixo d'água e instalação são mais difíceis e caros (COLLABORATIVE, 2005). Sendo a fazenda eólica afastada da costa, a manutenção e reparo são mais desafiadores, devido à dificuldade de acessar o local. Além disso, a necessidade de

navios-guindaste faz do reparo 5-10 vezes mais caro do que o reparo *onshore* (VAN BUSSEL e ZAAIJER, 2001).

O principal desafio para a tecnologia *offshore* é como assentar as torres de vento que ficam mais fundas e mais longe da terra, pois a velocidade do vento tende a crescer com a distância da costa, e assim é possível aproveitar mais energia do vento. No entanto, como a torre de vento é colocada mais longe, seu custo cresce bruscamente (KURIAN *et al.*, 2009).

Outro fator importante que precisa ser avaliado é que a maior parte da energia eólica é proveniente de turbinas eólicas *onshore*, e os espaços para as estas estão ficando escassos. Uma solução para esse problema é energia eólica *offshore*. Países como os Estados Unidos, onde existe um grande potencial para a produção de energia *offshore*, devido aos abundantes ventos costeiros, possuem um alto potencial para se tornarem a principal fonte de energia pra aplicação doméstica (MUSIAL *et al.*, 2006). Deve-se também levar em conta que as turbinas estão afastadas o suficiente da costa e da vida humana para que o impacto visual e o barulho possam ser ignorados.

6. Considerações finais

Com o desenvolvimento de novas fontes de energia, novos estudos de seus impactos estão cada vez mais sendo realizados. Assim, é visto que há impactos causados por estas fontes que necessitam de atenção. Para o caso específico da energia eólica, é visto que apesar de todos os impactos negativos, que precisam e estão sendo avaliados de forma específica por especialistas, seu retorno positivo faz desta fonte alternativa de energia uma fonte altamente utilizável e promissora e que deste modo pode ser visto como altamente qualificada para parâmetros de empreendedorismo dentro deste setor energético.

Referências Bibliográficas

- ABBASI, TABASSUM.; PREMALTHA, M.; ABBASI, TASNEEM.; ABBASI, S.A. Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.37, p. 271-284, 2013.
- ABBASI, TASNEEM.; PREMALTHA, M.; ABBASI, S.A. The return to renewables will it help in global warming control? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, n.1, p. 891-894, 2010
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica, 2ª edição. Brasília, p. 93-110, 2005.
- BAIROS, LUÍS.; RODRÍGUEZ, ALEJANDRO. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, v.41, p. 72-81, 2004.

- BAIRROS, LUÍS.; RODRÍGUEZ, ALEJANDRO. Spatiotemporal patterns of bird mortality at two wind farms of Southern Spain, p. 229-239, 2007.
- BAKKER, R.H.; PEDERSEN, E.; VAN DEN BERG, G.P.; STEWART, R.E.; LOK, W.; BOUMA, J. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. *Science of the Total Environment*, v.425, p. 42-51, 2012.
- BELLARMINE, THOMAS G.; URQUHART, JOE. Wind energy for the 1990s and beyond. *Energy Convers. Mgrat*, v. 37, n.12, p. 1741-1752, 1996.
- BENJAMIN, K. SOVACOOOL. Megawatts are not megawatt-hours and other responses to Willis et al. *Energy Policy*, v.38, p. 2070-2073, 2010.
- BENJAMIN, K. SOVACOOOL. The avian benefits of wind energy: A 2009 update. *Renewable Energy*, v.49, p.19-24, 2013.
- Collaborative, M.T. A framework for offshore wind energy development in the United States. In: General electric. Washington: US Department of Energy; 2005.
- CRAIG, K.R. WILLIS.; ROBERT M.R. BARCLAY.; JUSTIN, G. BOYLES.; BRIGHAM, R. MARK.; et al. Bats are not birds and other problems with Sovacool's (2009) analysis of animal fatalities due to electricity generation. *Energy Policy*, v.38, p. 2067-2069, 2010.
- DALMAS, ALEXANDRE.; PASSOS, J. CÉSAR.; COLLE, SERGIO. Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão. *Revista ABCM – Engenharia*, v.13, n.1, 2008.
- ERICKSON, W.P.; JOHNSON, G.D.; STRICKLAND, M.D.; YOUNG JR, D.P.; SERNJA, K.J.; GOOD, R.E. Avian collisions with wind turbines: A summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document, p. 1-16, 2001.
- EWEA - European Wind Energy Association, Wind energy-the facts. Wind- Facts project. Disponível em <http://www.wind-energy-the-facts.org>; Acessado em outubro de 2015.
- GOURIÉRÈS, D.L.E. Wind power plants: Theory and design. Pergamon Press, p. 15-16, 1982.
- GREENPEACE – Disponível em <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/e-licas-podem-reduzir-emiss-o/>. Acessado em junho de 2015
- GRUBB, M. J; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. et. al. *Renewable energy: sources for fuels and electricity*. Washington, D.C.: Island Press, 1993. cap. 3.
- GWEO - Global Wind Energy Outlook. Disponível em http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/08/GWEO_2008_final.pdf. Acessado em setembro de 2015.
- HEPBASLI, A.; OZGENER, O. A review on the development of wind energy in Turkey. *Renewable and Sustainable Reviews*, v.8, p. 257-276, 2004.
- JOSELIN, H.G.M.; INIYAN, S.; SREEVALSAN, E.; RAJIAPANDIAN, S. A review of wind energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.11, n.6, p. 1117-1145, 2007.
- KOEPL, G.W. Putnam's power from the wind. 2ª edição . New York, EUA: Van Nostrand Reinhold, 1982 (Este livro é uma versão atualizada do livro original de Putnam: *Power From the Wind*, 53); 1982, p. 1–53.
- KUNZ, T.H.; COOPER, B.M.; ARNETT, E.B.; ERICSON, W.P.; LARKIN, R.P.; MABEE, T.; et al. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. *Journal of Wildlife Management*, p. 2449-2486, 2007
- KURIAN, V.; NARAYANAN, S. P.; GANAPATHY, C. Towers for offshore wind turbines. Kuala Lumpur, Malaysia: Wilayah Persekutuan; 2009.
- MUSIAL, WALT.; BUTTERFIELD, SANDY.; RAM, B. Energy from offshore wind. National Renewable Energy Laboratory, p.1-1, 2006.
- PEREIRA, M. G.; CAMACHO, C.F.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. The renewable energy market in Brazil: Current status and potencial. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. p. 3786-3801, 2012.
- THE GUARDIAN. Wind farms are not only beautiful, they're absolutely necessary. Disponível em <http://www.theguardian.com/commentisfree/2008/aug/12/windpower.alternativeenergy>. Acessado em outubro de 2015.

THELANDER, C.G.; SMALLWOOD, K.S.; RUGGE, L. Bird risk behaviours and fatalities at the Altamont Pass wind resource area. National Renewable Energy Laboratory, p.1-29, 2003.

VAN BUSSEL, G.; ZAAIJER, M. Reliability, availability and maintenance aspects of large-scale offshore wind farms a concepts study. Marine Renewable Energies Conference, 2001.

WANG, SHIFENG.; WANG, SICONG.; SMITH, PETE. Ecological impacts of wind farms on birds: Questions, hypotheses and research needs. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.44, p.599-607, 2015.